

ПРИНЦИПИАЛЬНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ФОРСИРОВАНИЯ ИСПЫТАНИЙ ТРАНСМИССИОННЫХ АГРЕГАТОВ СВЕРХТЯЖЕЛЫХ КАРЬЕРНЫХ САМОСВАЛОВ

Б.У. БУСЕЛ

*Белорусский национальный технический университет,
г. Минск*

В основу оценки путей форсирования испытаний конструкции автомобилей и составления соответствующих методик положено выражение, определяющее сопоставимый показатель накопления усталостных повреждений в деталях:

$$R = \frac{1}{S} \sum_i \sigma_i^m N_i, \quad (1)$$

где S – пробег автомобиля, км; σ_i – напряжение;

N_i – число циклов с напряжением σ ;

m – показатель степени кривой усталости.

Для исследований и выбора режимов форсированных испытаний используют положение о том, что зависимость напряжений в деталях трансмиссий с достаточной точностью отражается линейной зависимостью от силового фактора нагружения (силы, моменты) [1]. Тогда в общем виде можно записать, что

$$\sigma_i = k F_i, \quad (2)$$

где k – коэффициент пропорциональности; F_i – силовой фактор (сила, момент).

Кроме этого, если от числа циклов N_i перейти к дискретному распределению напряжения циклов σ_i , то частота определяется выражением

$$\rho_i = N_i / N, \quad (3)$$

где N – суммарное число циклов на пробеге S .

С учетом (2) и (3) выражение (1) записывается в виде

$$R = \frac{N}{S} k^m \sum_i F_i^m \rho_i.$$

Поскольку величины R используются для сопоставления нагрузочных режимов и, в частности, для определения коэффициентов приведения, т. е. относительных величин типа

$$k_{\text{исп}} = \frac{R_{\text{исп}}}{R_{\text{баз}}},$$

где $R_{\text{исп}}$, $R_{\text{баз}}$ – темпы накопления повреждений в деталях в сравниваемых режимах нагружения (испытания и базовый), то коэффициент k^m в расчетах можно не учитывать.

Тогда

$$R = \frac{N}{S} \sum_i F_i^m \rho_i.$$

По экспериментально полученным реализациям крутящего момента на входе в редуктор мотор-колес ряда карьерных самосвалов БелАЗ расчетным путем определены величины темпа накопления усталостных повреждений в деталях по контактной выносливости. Результаты приведены в табл. 1 и 2.

Системный анализ параметров нагружения редукторов, режимов движения и макропрофиля карьерных [2] дорог позволил установить:

- 1) режимы и условия форсированного нагружения;
- 2) базовые значения темпа накопления усталостных повреждений R_6 для средних условий эксплуатации [2, 3]. Например, для самосвала БелАЗ-7519 $R_6 = 5,5 \cdot 10^{10}$ (Нм)³; для самосвала БелАЗ-7521 $R_6 = 6,5 \cdot 10^{11}$ (Нм)³.

Таблица 1

Нагруженность редукторов самосвала БелАЗ-7519

Условия движения, режим движения	Темп накопления усталостных повреждений (Нм) ³	Коэффициент приведения к технологическому циклу
Технологический цикл («Костамукша»)	$4,3 \cdot 10^{10}$	1,0
Технологический цикл «Печенганикель»	$5,24 \cdot 10^{10}$	1,22
Движение по мерным участкам: асфальтобетон, $V = 18$ км/ч; карьерная дорога: $V = 13$ км/ч;	$0,14 \cdot 10^9$ $1,46 \cdot 10^9$	0,0032 0,034
Движение на подъемах с грузом: $\alpha = 6,8 \%$ $\alpha = 5,4 \%$ $\alpha = 3,8 \%$	$7,9 \cdot 10^{10} \div 8,8 \cdot 10^{10}$ $3,7 \cdot 10^{10} \div 4,0 \cdot 10^{10}$ $2,1 \cdot 10^{10} \div 2,5 \cdot 10^{10}$	$1,84 \div 2,04$ $0,86 \div 0,93$ $0,49 \div 0,58$
Трогание и разгон самосвала до 10 км/ч: с нормальной интенсивностью; резкое трогание; трогание на подъеме 7,9 %	$1,55 \cdot 10^{10} \div 1,69 \cdot 10^{10}$ $5,4 \cdot 10^{10} \div 6,4 \cdot 10^{10}$ $13 \cdot 10^{10} \div 22,1 \cdot 10^{10}$ $6,35 \cdot 10^{10}$	$0,36 \div 0,45$ $1,25 \div 1,5$ $3,02 \div 5,14$ 1,48
Трогание на режиме «противоскольжения» на подъеме 3,8%	$9,8 \cdot 10^{10}$	2,28

Таблица 2

Нагруженность редукторов самосвала БелАЗ-7521

Условия движения, режим движения	Темп накопления усталостных повреждений, (Нм) ³	Коэффициент приведения к технологическому циклу в ПО «Якутуголь»	Коэффициент приведения к технологическому циклу в Полтавском ГОКе
Технологический цикл. ПО «Якутуголь»: маршрут 3 Средний по карьере	$4,0 \cdot 10^{11}$ $2,80 \cdot 10^{11}$	1,0 0,7	0,31 0,22
Технологический цикл по различным маршрутам в Полтавском ГОКе	$3,73 \cdot 10^{11} \div 1,3 \cdot 10^{12}$	$0,93 \div 3,25$	$0,29 \div 1,0$
Трогание и разгон с нормальной интенсивностью на бетонной ровной дороге	$6,05 \cdot 10^{11}$	1,51	0,47
Трогание и разгон из-под экскаватора	$3,15 \cdot 10^{12}$	7,9	2,42
Трогание из-под экскаватора резкое	$7,78 \cdot 10^{12}$	19,4	6,0
Трогание на подъемах (осредненно по 4 заездам)	$5,52 \cdot 10^{12}$	13,8	4,25
Переезд порогового препятствия	$(2,6 \div 6,12) \cdot 10^{11}$	2,26	$0,2 \div 1,0$

В табл. 3 приведен перечень основных режимов форсирования нагружения редукторов, которые представляется возможным реализовать на полигоне БелАЗа и соответствующие значения коэффициентов приведения темпа накопления повреждений при испытаниях к средним условиям эксплуатации.

Таблица 3

Режимы форсирования нагружения редукторов мотор-колес самосвалов

Условия, режим движения	Коэффициент приведения (степень форсирования)
Резкое трогание самосвала на горизонтальной дороге	$2 \div 2,5$

Преодоление подъема 10 %	4,0
Преодоление подъема 10 % с троганием с места в начале подъема	$5 \div 6$
Движение по горизонтальной дороге со щебенчатым покрытием	$0,05 \div 0,2$

Проведены расчетные исследования нагруженности трансмиссионных агрегатов карьерных самосвалов от воздействия неровностей микропрофиля дороги. Моделировалось движение колебательной системы, эквивалентной самосвалу БелАЗ-7555 по реальным дорогам с различной ровностью поверхности. Анализировалась нагруженность редукторов и интенсивность вертикальных колебаний в зоне установки сидения водителя (среднее квадратическое отклонение ускорения σ_a). Результаты расчетов приведены в табл. 4.

Таблица 4

**Нагруженность редукторов и уровень вертикальных колебаний
в зоне установки сидения водителя**

Поверхность дороги	$R, (\text{Нм})^3$	$\sigma_a, \text{м/с}^2$
Асфальто-бетон в хорошем состоянии	$1,7 \cdot 10^9$	0,6
Карьер «Кальмакыр» (хорошее состояние)	$4 \cdot 10^9$	1,1
ПО «Печенганикель» (тяжелая дорога)	$15,2 \cdot 10^9$	2,25
Испытательный полигон БелАЗа	$8,2 \cdot 10^9$	1,85
Подъем 6 % асфальто-бетон в хорошем состоянии	$49,0 \cdot 10^9$	0,67

Полученные результаты показывают, что при движении на подъем 6 % по ровной дороге темп накопления усталостных повреждений более чем в три раза превосходит темп накопления повреждений при движении по горизонтальной дороге с высоким уровнем неровностей микропрофиля. Более того, расчеты показали, что темп накопления повреждений, достигаемый на подъемах карьерных дорог 6 % и более, практически недостижим за счет форсирования воздействия микропрофиля на горизонтальных дорогах. При этом существенным ограничением использования неровных дорог при форсировании испытаний трансмиссионных агрегатов являются ограничения по плавности хода (табл. 4) и чрезвычайно быстрый рост темпа накопления повреждений в несущей системе самосвала.

Таким образом, практически достижимые величины коэффициентов форсирования нагружения имеют сравнительно небольшие значения (таблица 3). Поэтому с учетом пробега самосвала по горизонтальной площадке полигона, представляется возможным достигнуть форсирования редукторов мотор-колес по пробегу в пределах $2,5 \div 3$ раз.

Литература

1. Яценко, Н.Н. Форсированные полигонные испытания грузовых автомобилей /Н.Н. Яценко. – М.: Машиностроение, 1984. – 328 с.
2. Бусел, Б.У. Категории карьерных дорог /Б.У. Бусел //Автомобильная промышленность. – 2003. – № 2. – С. 17-19.
3. ГОСТ 30537-97. Самосвалы карьерные. Общие технические условия.

Получено 02.07.2004 г.